

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta

Institut hornického inženýrství

**MOŽNOSTI VYUŽITÍ DŮLNÍCH VOD ČERPANÝCH
NA POVRCH A VYPOUŠTĚNÝCH DO
POVRCHOVÉHO TOKU V RÁMCI VODNÍ JÁMY
JEREMENKO**

Bakalářská práce

Autor:

Petra Florčinská

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavel Zapletal, Ph.D.

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student: **Petra Florčinská**

Studijní program: B2111 Hornictví

Studijní obor: 2101R008 Hornické inženýrství

Téma: Možnosti využití důlních vod čerpaných na povrch a vypouštěných do povrchového toku v rámci vodní jámy Jeremenko
Possibilities of Use of Mine Water Pumped to Surface and Discharged to a Surface Watercourse in the Framework of Jeremenko Pumping Shaft

Zásady pro vypracování:

Úvod

1. Základní údaje o vodní jámě Jeremenko
2. Množství a kvalita čerpaných vod, změny parametrů v čase
3. Analýza možností využití čerpaných důlních vod
4. Termický potenciál – tepelná čerpadla

Závěr

Rozsah práce: 25 – 30 stran textu, 3 – 5 příloh

Seznam doporučené odborné literatury:

Zákon č. 44/1988 Sb., *O ochraně a využití nerostného bohatství* (Horní zákon) ve znění jeho novel
Srdečný, K a Truxa, J.: *Tepelná čerpadla*, 2. aktualizované vyd., Brno, 2007, 68 s., ISBN 978-80-7366-089-5

Interní podklady společnosti Diamo s.p., o.z. Odra

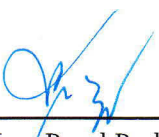
Rudický, R.: *Čerpání důlních vod na vodní jámě Jeremenko v Ostravě- Vítkovicích*, bakalářská práce, VŠB-TUO, 2013

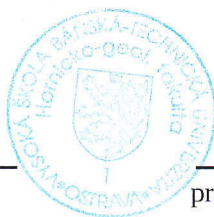
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Zapletal, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014


prof. Ing. Pavel Prokop, CSc.
vedoucí institutu




prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30.4.2014


Petra Florčinská

Anotace

V bakalářské práci je vypracována možnost využití důlních vod z Vodní jámy Jeremenko tepelnými čerpadly. V první části je uvedena charakteristika Vodní jámy Jeremenko, základní údaje, vybavení vodní jámy, funkce a popis. Následně je popsáno množství a kvalita čerpaných vod, základní přírodní zdroje důlních vod a změny chemismu. V další kapitole jsem se zabývala využitím důlních vod, kdy hlavním cílem bylo použití tepelných čerpadel pro efektivní vytápění prostor a ohřev vod s příznivým vlivem na životní prostředí.

Klíčová slova: vodní jáma, důlní vody, tepelná čerpadla

Summary

In the Bachelor thesis, a possibility of using the mine water from the Jeremenko Water Pumping Shaft by heat pumps is dealt with. In the first part, the characteristics of Jeremenko Water Pumping Shaft, namely basic data, equipment of the water pumping shaft, function and description are presented. Further, the quantity and quality of pumped water, basic natural resources of mine water and changes in chemistry are described. In the next chapter, the use of mine water is dealt with; the main objective is the use of heat pumps to heat effectively the interior and to warm water in an environment-friendly way.

Key words: water pumping shaft, mine water, heat pumps

Obsah

Úvod	1
2 Základní údaje o Vodní jámě Jeremenko.....	2
2.1 Restrukturalizace uhelného hornictví	2
2.2 Úprava Vodní jámy Jeremenko	3
2.3 Vypouštění důlních vod	4
2.4 Vybavení vodní jámy	5
2.4.1 Hlavní objekty a zařízení zajišťující provoz VJJ	6
2.4.2 Výkon čerpacího systému	6
3 Množství a kvalita čerpaných vod, změny parametrů v čase	8
3.1 Měření hladiny vod na VJJ	10
3.2 Základní přírodní zdroje důlních vod	10
3.3 Směsné důlní vody, vývoj a změny chemismu	11
3.3.1 Síranový iont	13
3.3.2 Chloridový iont	14
3.3.3 Ionty a komplexy železa	14
3.4 Teplota důlních vod	17
4 Analýza možností využití čerpaných důlních vod.....	18
4.1 Léčebné účely	18
4.2 Přenos tepla.....	18
4.3 Vytápění a chlazení prostorů	19
5 Termický potenciál – tepelná čerpadla	20
5.1 Použití tepelných čerpadel	21
5.1.1 Historie tepelných čerpadel	21
5.1.2 Využití tepelných čerpadel ve světě	21

5.2 Systémy s otevřeným cyklem	21
5.3 Systémy s uzavřeným cyklem.....	22
5.4 Znečištění tepelných čerpadel.....	24
Závěr	26
Seznam literatury.....	27
Seznam obrázků	29
Seznam tabulek	29
Seznam příloh.....	29

Seznam použitých zkratek

ČR	Česká republika
GSHP	Ground Source Heat Pump
MCS	Monitorovací a řídicí systém
ODP	Ostravská dílčí pánev
OKD	Ostravsko-karvinské doly
OKR	Ostravsko-karvinský revír
VJJ	Vodní jáma Jeremenko

Úvod

Ostravsko-karvinská pánev o rozloze 1500 km² je součástí hornoslezské pánve, jde o území v okolí Ostravy, Frýdku-Místku, Karviné, Českého Těšína a Frenštátu pod Radhoštěm. Ostravsko-karvinský revír (OKR) představuje aktuálně jedinou oblast těžby černého uhlí v České republice, je zde 90% veškerých zásob této suroviny na našem území.

Uhlí je hornina biologického původu, jde o jedno z nejvýznamnějších fosilních paliv. Řadí se mezi neobnovitelné zdroje. Nachází se rozložené nerovnoměrně na celém zemském povrchu v nejsvrchnější zemské kůře. Ložiska dosahují různé mocnosti a kvality uhlí, která je závislá na stupni přeměny organického materiálu a době prouhelnění. V Ostravsko-karvinských dolech (OKD) jsou všechny doly hlubinné, uhlí se těží prostřednictvím šachet - dnes již výhradně mechanizovanými postupy.

Uhlí je nejvýznamnějším pevným palivem a jedním z nejvýznamnějších zdrojů elektrické energie. V České republice se z uhlí získává přibližně polovina veškeré vyrobené elektřiny. Energetický význam uhlí v budoucnosti ještě vzroste, zásoby se totiž odhadují na nejméně 200 až 300 let, zatímco zásoby ropy na pouhých 40 až 50 let a uranu na přibližně jedno století. V dnešní době již existují technologie, které dokáží přeměnit uhlí na tekutá či plynná ekologicky šetrná paliva se všemi přednostmi ropných produktů, avšak bez jejich negativních vlastností, zejména špatného vlivu na životní prostředí. Na dalším zdokonalování a zefektivňování těchto postupů vědci usilovně pracují.

V dnešní době jsou v OKR v provozu 4 činné doly. Postupně během let docházelo k uzavírání dolů, v jejich stařinách se však stále hromadí důlní voda, tj. veškerá voda nacházející se v důlním prostoru. Aby nedocházelo k přetoku vod do činných revírů, je v Ostravě Vítkovicích v provozu vodní jáma Jeremenko, kde státní podnik DIAMO čerpáním udržuje hladinu vod.

V bakalářské práci popíši množství a kvalitu čerpaných vod a změn parametrů v čase. Cílem bude využití čerpaných důlních vod tepelnými čerpadly, které se řadí mezi alternativní zdroje energie, protože umožňují odebírat teplo z okolního prostředí (vody, vzduchu nebo země), převádět ho na vyšší teplotní hladinu a dále využít pro vytápění nebo přípravu teplé vody.

2 Základní údaje o Vodní jámě Jeremenko

V roce 1891 až 1896 proběhlo hloubení větrní jámy Jeremenko č. 2 a těžní jámy Jeremenko č. 1. Postupně byly v letech 1914, 1917 až 1919 a 1942 až 1943 prohlubovány. V roce 1943 bylo zahájeno hloubení těžní jámy Jeremenko č. 3, která byla dokončena v roce 1961 na celkovou hloubku 1 062 m. Těžba černého uhlí byla zahájena koncem 19. století a v roce 1992 ukončena. Těžní jáma č. 2 byla následně zlikvidována.

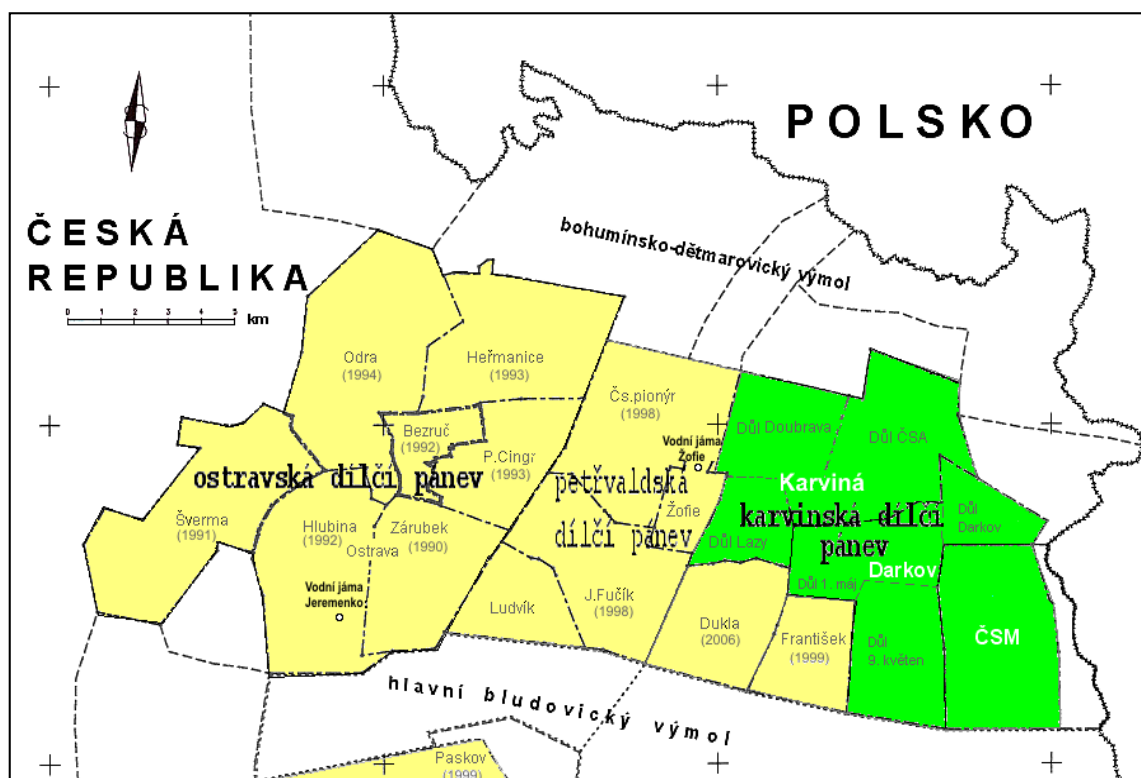
Lokalita Jeremenko zahrnuje pouze areál Jeremenko v dobývacím prostoru Vítkovice. V roce 1991 při zahájení útlumu byl areál součástí bývalého Dolu Ostrava. Údaje o dobývacím prostoru, důlních dílech a těžbě jsou uvedeny pod lokalitou Ostrava. [7]

2.1 Restrukturalizace uhelného hornictví

Usnesením vlády ČR č. 691 z prosince 1992 o restrukturalizaci uhelného hornictví byla přijata posloupnost likvidace důlních děl a důlní činnosti. Od r. 1995 se postupně ukončovalo čerpání důlních vod z jednotlivých dolů v ostravské dílčí pánvi (ODP). 30. června 1997 bylo zcela zastaveno čerpání na jednotlivých dolech, to mělo za následek v některých případech postupné zatápění důlních prostor dotyčného dolu, v jiných případech částečný nebo úplný přetok nečerpané vody do sousedního dolu. K Vodní jámě Jeremenko, situované v nejnížší části geologické struktury dílčí pánve, byl směřován celkový přítok.

Česká část hornoslezské pánve je strukturně-tektonicky složená ze tří dílčích pánví, a to ostravské, petřvaldské, a karvinské. Schéma členění viz *Obr. 1*.

ODP je situována západně od michálkovické poruchy, petřvaldská dílčí pánev mezi orlovskou vrásou a michálkovickou poruchou a karvinská dílčí pánev východně od orlovské vrásky. Severní hranice dílčích pánví je kladena do výchozů karbonu do tzv. hlavního dětmarovického výmolu, jižní hranice do výchozů karbonu do tzv. hlavního bludovického výmolu. [4]



Obr. 1 -Situace dílčích pánví v OKR. Zeleně jsou označeny činné, žlutě likvidované doly [5]

2.2 Úprava Vodní jámy Jeremenko

Vodní jáma Jeremenko (VJJ) byla vybavena a upravena tak, že slouží k čerpání ze všech přítoků vod do likvidovaných dolů Ostravské dílčí pánve tak, aby hladina důlní vody v likvidovaných dolech byla udržována v rozmezí:

- minimální úroveň hladiny ve VJJ $H_{\min} = -389,5 \text{ m}$,

- maximální úroveň hladiny ve VJJ $H_{\max} = -371,5 \text{ m}$,

tn. cca 38 až 58 m pod nejnižším propojením ostravské a petřvaldské dílčí pánve. Byl tak vytvořen retenční prostor o objemu cca $2\,735\,000 \text{ m}^3$, který má dvě základní funkce:

- při předpokládaném velkém množství přítoků do dílčí pánve ve výši $80 \text{ až } 180 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (tato hodnota závisí zejména na intenzitě infiltrace povrchových vod do stařin opuštěných dolů), časovou retenci důlních vod v tomto prostoru až 176 dní (pro Q_{180}),

- umožnění řízeného vypouštění čerpaných důlních vod do povrchového toku řeky Ostravice tak, aby byly dodrženy přípustné kvantitativní a kvalitativní limity z hlediska ochrany životního prostředí. [3]

2.3 Vypouštění důlních vod

Vyčerpaná důlní voda se řízeně vypouští do místního toku Ostravice, viz *Obr. 2*. V povrchové vodě řeky nesmí dojít k překročení daných limitů koncentrací hlavních polutantů, které jsou původem z důlních vod, ale také z produkce z jiných průmyslových činností v oblasti. Regulovatelná akumulace důlních vod v zatopených dolech bývalých dolů ODP (retenční kapacita – 1,3 mil. m³) přispívá ke splnění těchto podmínek. Ve Vodní jámě Jeremenko je hlídána výška vodní hladiny. Monitoruje se a vyhodnocuje kvalita vypouštěných důlních vod do řeky Ostravice.

Pro vypouštění bylo postupně vydáno několik vodohospodářských rozhodnutí, která respektovala vliv velikosti průtoku v řece na vypouštěné množství důlní vody při dodržování tehdejší mezivládní dohody s Polskem o maximálních koncentracích síranů a chloridů na hraničním profilu řeky Odry v Bohumíně. Na profilu Ostravice-Muglinov je rovněž sledován vliv vypouštění důlní vody. Jsou uloženy závazné limity koncentrací polutantů s ohledem na specifický hydrochemický obraz vypouštěných vod. [5]



Obr. 2 - Výtok čerpaných důlních vod [7]

Důlní voda vytéká z potrubí a po krátké cestě betonovým korytem se smíchává s povrchovými vodami Ostravice v říčním kilometru 7,9. Po 3 až 5 hodinách zaznamenaná (závisí na průtoku) tyto vody Muglinov – monitorovací stanice. Po dalších 2 až 3 hodinách důlní vody vyčerpané VJJ opouštějí ČR na hraničním profilu Odra-Bohumín, kde je instalována další monitorovací stanice, která vyhodnocuje složení vody v toku vzhledem k parametrům daným ujednáním mezi Českou Republikou a Polskem z dubna 1990. [5]

2.4 Vybavení vodní jámy

Objekt vlastního čerpacího systému VJJ je situován přímo v jámovém stvolu jámy Je-1 (výdušné) pod úrovní 5. patra.

Z VJJ se čerpání důlní vody provádí ponornými čerpadly, která jsou umístěná (zavěšená) v jámě Je-1 tak, aby hladina důlních vod ve VJJ byla udržována mezi minimální úrovní hladiny –389,5 m a maximální úrovní hladiny –371,5 m (trvale pod nejnižším předpokládaným důlním spojením mezi ostravskou a petřvaldskou pánví).

Jáma Je-3 je trvale jámou vtažnou (s určením pro přívod čerstvých vtažných větrů) a dopravování technologických celků včetně pracovníků údržby. V jámě jsou nainstalována výtlačná potrubí čerpadel (každý z nainstalovaných čerpacích agregátů má samostatné výtlačné potrubí), vysokonapěťové kabely a potrubí pro požární vody.

Výtlačná potrubí ústí na povrchu do objektu směšovací stanice, v níž jsou napojena na potrubní svody DN 300 a DN 400, vybavené dálkově ovladatelnými elektrickými klapkami, vedené až k řece Ostravici. V místě původního výtoku důlních vod Dolu Jeremenko, ústí přímo do řeky Ostravice.

V jámě Je-1 se provádí montáž a zavěšení čerpacích agregátů od firmy KSB. Mohou být zavěšeny až 4 ponorné vysokotlaké čerpací agregáty, které se před provozem odzkouší ve zkušební šachtici na povrchu.

Čerpacích agregátů od firmy KSB na VJJ instalovaných v dole a skladem na povrchu je celkem 5. [12]

2.4.1 Hlavní objekty a zařízení zajišťující provoz VJJ

- čerpací systém v jámě Je-1,
- hlavní rozvodna,
- pomocná důlní rozvodna na 5. patře,
- pomocná rozvodna u šachetní budovy jámy Je-3,
- kabelové rozvody v dole a na povrchu,
- směšovací stanice (armatury, potrubí, průtokoměry, tlakoměry, měření chemizmu),
- potrubí DN 300 (sklolaminátové) a DN 400 (ocelové) povrchového svodu vod do řeky Ostravice,
- centrální řídicí stanoviště (ČŘS) - dispečink VJJ v budově č. 115,
- místnost technologie MCS v budově č. 115.

Mimo hlavní zařízení a objekty tvoří nedílnou součást VJJ :

- těžební zařízení jámy Je-3 (vtažná) - doprava technologie a pracovníků,
- těžební zařízení jámy Je-1 (výdušná),
- hlavní důlní ventilátory,
- pomocné ventilátory separátního větrání,
- kompresor umístěný v budově jámy Je-3,
- komora pneumatického jeřábu DEMAG - 25 t,
- důlní doprava na povrchu a v úrovni 5. patra,
- důlní doprava na závěsné drážce (ZD) v úpadnici,
- zkušební šachtice motorů v šachetní budově jámy Je-3,
- sklad čerpadel a motorů. [12]

2.4.2 Výkon čerpacího systému

Parametry dvou až tří čerpacích agregátů (včetně paralelního provozu):

1 čerpací agregát ... $0,17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$... $612 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

2 čerpací agregáty ... $0,31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$... $1116 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

3 čerpací agregáty ... $0,47 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$... $1692 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ [7]

Obr. 3 ukazuje část systému čerpání důlních vod v areálu Jeremenko.

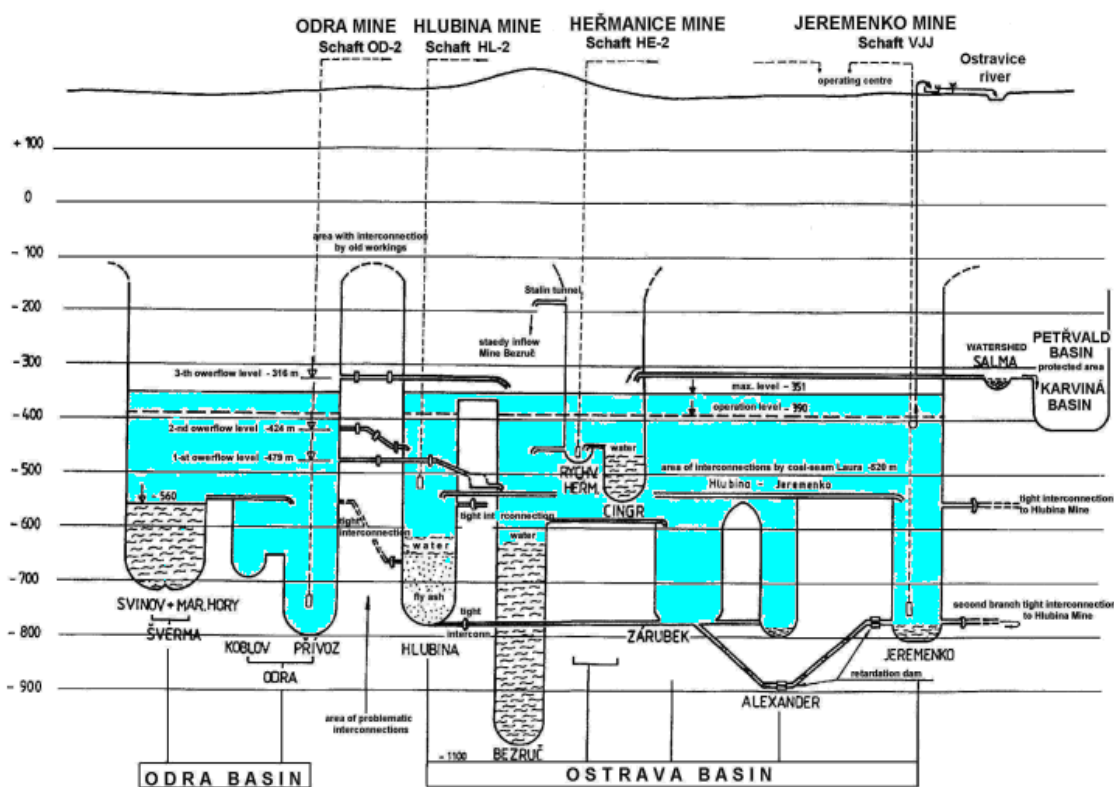


Obr. 3 - Část systému čerpání důlních vod, areál Jeremenko [7]

3 Množství a kvalita čerpaných vod, změny parametrů v čase

Ostravská dílčí pánev byla hydraulicky rozdělena na dvě části, tzv. bazén Ostrava a bazén Odra, viz *Obr. 4*. Vzhledem k mnoha hydraulickým propojením uvnitř těchto bazénů, bylo možné tyto dvě části považovat za celek. [4]

Na jamách Hlubina 2, Odra-2, Jeremenko a Heřmanice II (později přesunuto na Rychvald V) byly vybudovány monitorovací stanice, které ověřují aktuální hladiny vod. [4]



Obr. 4 - Základní schematické vertikální členění důlní činnosti v ostravské dílčí pánvi. Vymezení ostravského a oderského bazénu. Šedě vyznačena úroveň hladiny zatopení ODP; v pravé části obrázku je vyznačena možná úroveň přetoku z ODP do petřvaldské a karvinské dílčí pánve [3]

Petra Florčinská: Možnosti využití důlních vod čerpaných na povrch a vypouštěných do povrchového toku v rámci vodní jámy Jeremenko

Časový úsek	Výškové rozložení (m p.m.)	Kubatura důlních prostor (m ³)		Průměrná hodnota změny hladiny (m/den)
VIII./01 až dosud	-390 až -383	udržovaný stav čerpáním		
IV./00 až VIII./01	-465 až -391	830 000	J+Z+A+H+OB	0,17
III./99 až IV./00	-552 až -459	3 620 000	J+Z+A+H	0,23
VIII./98 až III./99	-597 až -551	2 060 000	J+Z+A	0,21
I. až VIII./98	-685 až -597	435 000	J	0,41

J – Jeremenko, Z – Zárubek, A – Alexandr, H – Hlubina, OB – Oderský bazén

Tabulka 1 - Objemy důlních prostor v ostravském bazénu a průměrné hodnoty denních změn hladin důlních vod při zatápění ODP [4]

V srpnu 2001 úroveň hladiny na jámě Jeremenko dosáhla -390,8 m p. m. a došlo ke spuštění zkušebního provozu čerpání s prvním vypuštěním důlních vod z ODP do toku Ostravice. V období března 2002 až února 2003 byly vykonány tři přítokové zkoušky na VJJ kdy hlavním úkolem bylo ověření přítoků do celé zatopené oblasti ODP. Výsledky těchto zkoušek jsou uvedeny v Tabulka 2. [4]

Časový úsek	Délka trvání	Přítok Q		Poznámka
		Ø l·s ⁻¹	min/max	
II. / 2002	679 hod 48 min	95,45	94,0 / 96,8	4 přítokové zkoušky
III. až X. / 2002	5353 hod 47 min	101,9	94,4 / 107,6	5 přítokových období
I. až II. 2003	869 hod 42 min	108,8	104,2 / 114,3	3 přítokové období

Tabulka 2 - Výsledky přítokových zkoušek na Vodní jámě Jeremenko[4]

3.1 Měření hladiny vod na VJJ

Dosažené výše zatopení jámy Je-1 snímá ponorný snímač tlaku (instalační hloubka -391,0 m, 0+20 m.v.s. - tzv "provozní hladina") přes MCS. Nezávisle je v jámě Je-1 zavěšen záložní snímač (instalační hloubka -397,0 m, 0+30 m.v.s. - tzv "kritická hladina") a MCS srovnává oba signály a vybírá z nich ten spolehlivější.

V jámě Je-3 je snímačem zálohováno měření stavu vodní hladiny (tzv. havarijní modul nezávislý na MCS a bez vlivu na provoz čerpacích agregátů).

Jeho signál je přenášen na MCS, kdy se může použít v případě současné poruchy obou předchozích jako tzv. "havarijní řešení" pro sledování minimální nebo blokovací hladiny. [12]

3.2 Základní přírodní zdroje důlních vod

Mezi základní přírodní zdroje důlních vod patří (uvedeno ve stratigrafickém sledu):

- vody zvodní písčitých poloh spodnobádenského pokryvu karbonu [9],
- vody kvartérních zvodní,
- ze štěrkopísčitých a písčitých bazálních klastik spodního bádenu (tzv. detritový horizont),
- vody průlinově-puklinových systémů zvětralinového pláště karbonu,
- vody převážně puklinových a zlomových systémů svrchního karbonu a hlubšího podloží.

Antropogenně ovlivněný zdroj důlních vod zastupují v zatopené ostravské dílčí pánvi různé druhy vod, které se zdržují ve starých důlních dílech, tj. vody se silně pozměněným chemismem produkty zvětrávání. Doba zdržení a rychlost průtoků důlních vod starými důlními díly má veliký vliv na chemismus těchto vod, silně ho ovlivňuje.

Podle [8] z roku 1994 je v Ostravské dílčí pánvi celkový přítok vod z kvartéru vypočítáván ve výši $173,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ z toho cca 85 až 90 % infiltrací z povrchových vodotečí a přestupem jejich vod přes hlavní terasy a údolí, 10 až 15 % tvoří přímý však atmosférických srážek na výchozech karbonu. [3]

3.3 Směsné důlní vody, vývoj a změny chemismu

Intenzita a rozsah zvodnění zvětralinového pláště karbonu je v ploše značně nerovnoměrná. Mocnost miocénního pokryvu má velmi významnou izolační funkci. Na těchto místech (např. oblast soutoku Odry a Ostravice) i dnes dochází k infiltraci povrchových a podzemních vod mělkého oběhu do karbonského horninového masívu, sekundárně hydraulicky aktivovaného důlními a dobývacími pracemi. Např. v oblasti bývalé jámy Ida v Ostravě Heřmanicích docházelo v důsledku minimální mocnosti pelitického spodnobádenského pokryvu k přítokům kvartérních a povrchových vod do dolu. Vydatnost přetoku byla $0,013$ až $0,022 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a vertikální vzdálenost cca 390 a 630 m. [4],[8]

Karbonským horninovým masivem do důlních děl infiltrují většinou vody směsné, tzn. vody, ve kterých došlo ke změně chemismu. Většinou tak dochází při proudění, vliv má odplynění, snížení původního tlaku a doba zdržení ve starých důlních dílech.

Při míšení přírodních a umělých zdrojů vznikly směsné důlní vody. Pokud chceme modelovat prognózní stavy zatápění ODP a složení likvidovaných důlních vod čerpaných na VJJ je velmi důležité znát informace o vydatnostech a složení směsných vod, jsou to velmi důležité vstupní hodnoty, viz *Tabulka 3*. [4]

Petra Florčinská: Možnosti využití důlních vod čerpaných na povrch a vypouštěných do povrchového toku v rámci vodní jámy Jeremenko

		RL	Cl	SO4	Mg	Ca	Fe	Na	NEL	CHSK _{Cr}	J	Br
Důl Heřmanice	1994	5799	2780	432	69	144	0,16	1950	0,010	500	2,20	12,49
	1996	2917	1512	144						101		
	1997	6671	3551							714		
Důl Zárubek	1994	1619	199	638	51	126	0,09	280	0,045	40		
	1995	1503	163	631	49	121	0,08		0,085	43	0,00	3,33
	1996		157	950	65	134	0,17		0,025			
	1997	2189	141	1017	70	186	0,12		0,010			
Důl Ostrava jáma Jeremenko	1994	15170	8438	107	146	131	0,19	5050	0,040	1568		
	1995	15235	8482	83	146	181	0,14		0,000	1470	3,17	40,00
	1996		6522	99	117	191	0,10		0,015			
	1997	12387	6598	205	126	192	0,08		0,030			
	1998	12988	6020	228	154	160						
	1999	15235	7821	225	170	179	0,21	5170			4,50	40,50
	2000	16975	9266	26	158	164	0,33		0,326			
	2001	19200	10779	107	163	288	7,4	5190	0,060	206		
	2002	21764*	11026	290	298	362	12,4		0,018			
Důl Šverma	1994	6333	1101	1308	89	72	0,74	2108	0,060	189	3,98	5,46
	1995	5407	930	576	77	78	0,41	2649	0,080	250	3,91	5,19
	1996	8583	3399	1644	105	101			0,000			
Důl Odra	1994	5220	1244	958	68	78	1,00	1740	0,045	171	2,90	5,73
	1996	5291	1585	640	73	61			0,030	214		
	1997	5279	1618	546	71	43			0,030			

RL – rozpuštěné látky

* - vypočteno z vodivosti



období zatápění ODP



dynamický stav při čerpání důlních vod z VJJ

Tabulka 3 – Kvalitativní parametry důlních vod v ostravské dílčí pánvi [4]

3.3.1 Síranový iont

Na základě rozborů vod byl obsah síranového iontu z izolovaných částí zájmového prostoru prognózován podle studií z roku 1994 v hodnotách až $1500 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Obohacené ionty $[\text{SO}_4]^{2-}$ ze stařinových vod akumulovaných v důlních dílech a rozpouštěné rezidua po zvětrávání pyritu ve starých důlních dílech a porubech, by tvořily po zastavení činnosti základní směs.

Miocénní podzemní vody jsou uchovanými mořskými vodami, ve kterých proběhl proces geneze uhlovodíků přepracováním uchované organické hmoty. Dochází k téměř úplné redukci síranů na siřné sloučeniny (H_2S a následně FeS_2). Koncentrace síranového iontu dosahuje nanejvýš prvé desítky $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Hlavním zdrojem $[\text{SO}_4]^{2-}$ v důlních vodách je rozklad pyritu v uhelné hmotě a okolním horninovém prostředí. Oxidace pyritu probíhá vlivem spolupůsobení bakterií v aerobním prostředí, při minimální vlhkosti. Pokud dochází k nedostatku kyslíku, klesá nebo se vytrácí aktivita mikrobů.

Dalším zdrojem velmi vysokých obsahů $[\text{SO}_4]^{2-}$ byly zatopené stařiny, jejichž voda je vytlačována do důlního oběhu po stoupání hladiny důlních vod nad úroveň stařin. Jsou však krátkodobým zdrojem síranů. Vše záleží na primární koncentraci $[\text{SO}_4]^{2-}$ ve stařinové vodě a na poměru, ve kterém se stařinová voda bude míchat s ostatní důlní vodou.

Pokud dojde ke zvýšení síranového iontu v čerpaných důlních vodách z VJJ musí se omezit množství vypouštěných důlních vod (podle obsahu síranového iontu a vydatností průtoku v řekách Ostravice a následně v Odře – zde je monitorován zejména hraniční profil do Polska).

Nyní je průměrný stav koncentrace síranového iontu ($400 - 700 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) výsledkem stabilizace přítoku do zatopených důlních děl ODP ze stařin. V ODP přesahovaly hodnoty $[\text{SO}_4]^{2-}$ $900 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. [5]

3.3.2 Chloridový iont

Chloridový iont se v důlních vodách vyskytuje z přítoků podzemních vod z miocénních uloženin a z karbonu nebo jeho hlubšího podloží. Koncentrace okolo $2\,000\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ se vyskytuje v jihozápadní části oderského bazénu a koncentrace které dosahují hodnot až $19\,000\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ se vyskytují v severovýchodní části ostravského bazénu – Jeremenko, Heřmanice.

Na poměru vydatnosti přítoků miocénních vod k vydatnosti přítoků podzemních kvartérních a povrchových vod závisí koncentrace Cl^- v čerpaných důlních vodách. Cl^- by však podle odhadů neměl v důlních vodách přibývat. V budoucnu se očekává snižování mineralizace čerpaných důlních vod na VJJ.

Hodnoty chloridového iontu dosahují $3,7$ až $4\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, kdy největší nárůst byl výsledkem nepřírozeného jevu nárůstu mineralizace ve kvazistagnujících vodách v jámovém stvolu v kombinaci s možnostmi a metodami vzorkování v jámě Jeremenko.

Během prvních 5 let po spuštění čerpání ve VJJ docházelo k nárůstu mineralizace (včetně obsahu chloridového iontu). Toto zvýšení koncentrace Cl^- nebylo původem z miocénních či karbonských zvodní. Zdrojem bylo postupné rozpouštění odpařených solí (povlaky na horninách a důlním vybavení v průběhu provozu). [5]

3.3.3 Ionty a komplexy železa

Zdrojem železa je především zvětrávací proces přítomného pyritu (FeS_2) v uhelné hmotě. Železo se v důlních vodách vyskytuje z koncentrace produktů disociace molekul vody – tj. zejména koncentrace H^+ (pH), přítomností volného a rozpuštěného O_2 ve vodě a funkcí hodnoty redox potenciálu Eh, rovněž je i výsledkem přítomnosti acidofilních bakterií, které katalyzují oxidaci Fe^{2+} na Fe^{3+} .

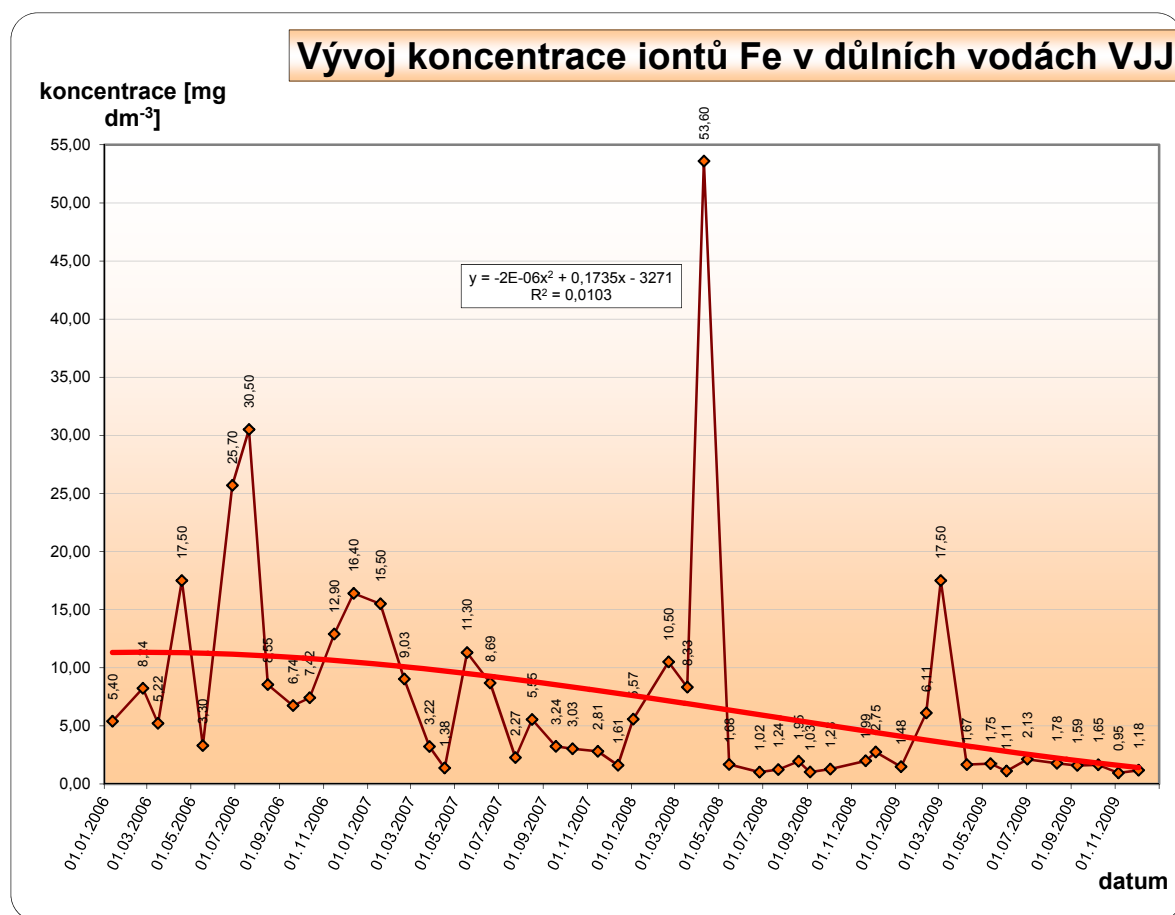
Při udržování hladiny důlních vod v úrovních od $-389,5$ do $371,5\text{ m p.m.}$ je vytvořen velký prostor pro oxidační procesy a přestup iontů železa do čerpaných důlních vod.

Z dosavadního monitoringu můžeme vidět, že hodnoty železa důlních vod v době činnosti dolů v ostravské dílčí pánvi, tak i zatápějících vod, jsou hluboko pod úrovní limitu pro jejich vypouštění do povrchových toků s ojedinělými excesy.

Vzhledem k vyrovnanému obsahu Fe (průměr $1,3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) nebyl v této době stanoven limit pro obsahy železa.

Přestup Fe-komplexů z horninového prostředí dolu do zvodněného systému dolu je minimální a v přenostu železa důlními vodami zanedbatelně malý. Fe- komplexy jsou původem z hornin včetně uhlí, z jejich drtě až prachu v důlních dílech, a korodujících železných konstrukcí či výztuží, vlivem vlhkosti v důlním ovzduší. To je i hlavní zdroj železa v ostravské dílčí pánvi po zatopení starých důlních děl.

Z dosavadního monitoringu vyplývá, že koncentrace a obsahy železa ve výtokových vodách budou klesat. [5]

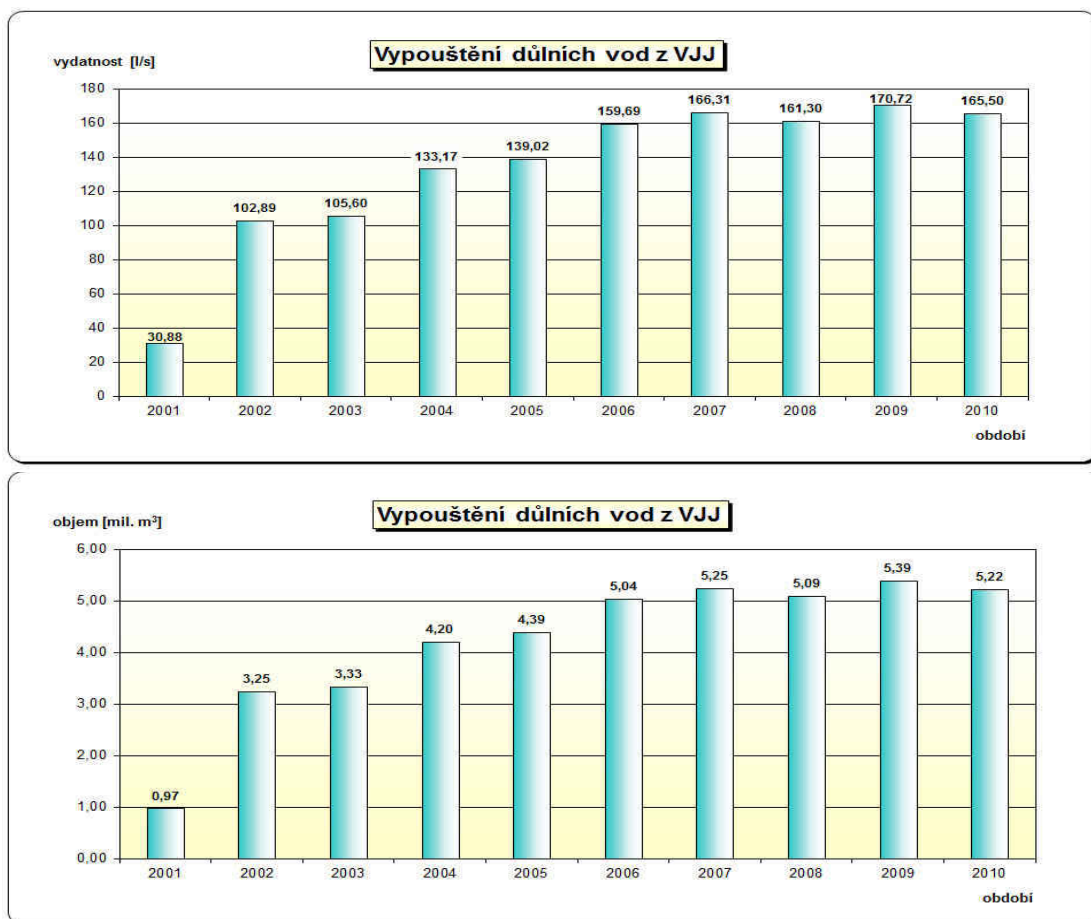


Graf 1: Vývoj koncentrace iontů Fe v důlních vodách VJJ [5]

průtok	$2 - 6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$6 - 10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$>10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
	limitní hodnoty průměrných ročních koncentrací		
$[\text{SO}_4]^{2-}$	$290 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$	$260 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$	$230 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$
$[\text{Cl}]^-$	$450 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$	$300 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$	$250 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$

Tabulka 4 - Limitní hodnoty průměrných ročních koncentrací v Ostravici pod výpustí VJJ [5]

Z níže uvedených množství čerpaných a vypouštěných důlních vod od roku 2001 je možno říci, že roční průměrný průtok Q je v současné době cca $170 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, viz Graf 2.



Graf 2: Vývoj vypouštění důlních vod z ODP od začátku čerpání do r. 2010 [5]

3.4 Teplota důlních vod

Teplota důlních vod je ovlivněna teplotou horninového masivu. Abychom zjistili skutečnou teplotu vody, je nutné brát v úvahu hloubkový rozsah zatopených důlních děl, geotermický stupeň v dané lokalitě a případné proudění vod v zatopeném dole.

Vytékající voda má teplotu, která je závislá na technickém řešení čerpaných vod. V podstatě záleží na tom, jestli je voda čerpána z hlubších horizontů, nebo se jedná o tzv. hladinovou vodu a zda nedochází ke zvýšené cirkulaci v podzemí.

Podzemní voda má obrovskou schopnost ukládat teplo ($4181 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), velice významná je tepelná kapacita. Rovněž má určitou tepelnou vodivost a tyto vlastnosti jí umožňují fungovat jako obrovský podpovrchový zásobník tepla a směnné nádrže. Toto teplo, uložené v geologickém prostředí, může být extrahováno, což znamená, že s ním můžeme manipulovat a využívat ho.

V menších hloubkách, mají horniny a podzemní vody přibližně konstantní teplotu, která zhruba odpovídá průměrné roční teplotě vzduchu v dané lokalitě. Například ve Skandinávii, může být tato teplota v průměru okolo $4-7^\circ\text{C}$, zatímco na jihu Velké Británie jsou typické teploty průměrně $10-12^\circ\text{C}$. Pod povrchem (až do hloubky několika metrů), se mohou vyskytovat tzv. sezónní výkyvy, které jsou způsobeny slunečním zářením, jenž má v létě sklon ohřívat podloží. Velká tepelná kapacita horninového prostředí znamená, že jakékoli sezónní výkyvy teplot jsou velmi tlumené. To znamená, že podloží může být v zimě obecně teplejší než vzduch a naopak, že v létě je podloží obvykle chladnější než vzduch. Tepelná energie, která je uložena v malých hloubkách je z velké části ze slunečního záření. Zemský povrch se chová v podstatě jako obrovský solární kolektor.

Tepelná energie, která je uložena v horninách a podzemních vodách začíná mít větší geotermální složku. Geotermální gradient je rozdílný v různých lokalitách na zemském povrchu a také se liší podle typu hornin (jejich tepelné vodivosti). Vyšší gradienty jsou pozorovány v oblastech vulkanické činnosti a v místech ztenčování zemské kůry. Obecně jsou běžné gradienty okolo $1-3^\circ\text{C}$ na 100 metrů hloubky. Takový geotermální gradient odráží typický evropský geotermální tepelný tok okolo $0,04-0,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Pro představu lze říci, že ve 100 metrů hlubokém vrtu ve Velké Británii lze očekávat teploty okolo 13 až 14°C . [1]

4 Analýza možností využití čerpaných důlních vod

Vzhledem k vlastnostem důlních vod, hledáme možnosti jejich využití. Jednou z podmínek pro efektivní využití je, že místo použití musí být poměrně blízko ke zdroji.

4.1 Léčebné účely

V lázních Darkov slabě vyvěrala silně mineralizovaná jodobromová voda třetihorního původu, která se v dnešní době čerpá z hloubky 1100 m pod povrchem. Ukládá se do jímek, kde dva až tři týdny zraje a poté je přiváděna do lázní a ohřívána na teplotu 36°C. Její složení připomíná silně mineralizovanou mořskou vodu. [10]

Klimkovické lázně využívají jodobromovou solanku k balneoterapii a léčebným rehabilitacím. Obsahuje silně mineralizované hypertonické chloridosodné vody s vysokým obsahem bromu, jodidů a mnoho dalších prvků. Klimkovické lázně čerpají jodobromovou solanku ze čtyř vrtů o hloubce 400 až 500 m. [13]

Slané důlní vody jsou tedy podobné, jako léčivé vody v lázních Klimkovice nebo Darkov. Tvoří je směs vod jodobromových, silně mineralizovaných, teplých, s rozpuštěným CO₂.

4.2 Přenos tepla

Tepelná čerpadla jsou technologií pro efektivní přenos tepla (ze vzduchu, z vody nebo ze země) do interiéru budov pro účely ohřívání těchto prostorů nebo pro ohřev vody a to vše s pozitivním dopadem na životní prostředí. V roce 2002 bylo po celém světě instalováno asi 100 milionů tepelných čerpadel s roční kapacitou 1 300 TWh energie. Odhaduje se, že následkem toho byla celková úspora v ročních emisích CO₂ o 0,13 miliard tun (0,6%) v rámci celkových globálních emisí CO₂, které činily 22 miliard tun. Současná úspora činí okolo 6% z celkové produkce CO₂. Zlepšením technologie se předpokládá úspora až 16% z celkové produkce CO₂ ve světě.

Tato technologie změnila strukturu spotřeby energie v zemi jako je Švédsko, kde se odvážili do ní investovat. Tepelná čerpadla v podstatě využívají elektrickou energii k efektivnímu přenosu tepelné energie z obnovitelných zdrojů uložených v horninách, vodě a podobně. [1]

4.3 Vytápění a chlazení prostorů

Podzemní nebo důlní vody mohou být použity nejen pro vytápění, ale i pro chlazení kanceláří, společných prostor, nebo prostor s vysokým výskytem zařízení generující teplo (např. počítačů, telefonních ústředěn).

Tato operace se nejčastěji provádí přímým, tzv. volným chlazením. Teplo se zde přenáší cirkulací z interiéru budovy do podzemních vod prostřednictvím systému výměníků tepla s velkou povrchovou plochou. Použití chladicích nosníků nebo panelů může vést ke vzniku konvekčních buněk v místnosti.

Směr proudění tepelných čerpadel může být i obráceně, což vede k tzv. aktivnímu chlazení v prostoru tak, že se teplo z interiéru budovy přenáší do oblasti životního prostředí (vzduch, voda, hornina). Odpadní teplo z prostoru chladicí technologie může být znovu použito k ohřevu jiných částí komplexu budov. Dalším alternativním řešením je odvedení odpadního tepla zpět do podzemních vod, odkud se případně znovu extrahuje a použije k vytápění později např. v zimním období. [1]

5 Termický potenciál – tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo je elektromechanické zařízení, které odebírá teplo z nízkoteplotního média (např. z podzemní vody o teplotě okolo 7 °C, která je typická pro Norsko) a převádí jej na vysokou teplotu pro vytápění prostor. Tento děj se provádí cyklem komprese - expanze. Médium pro vytápěný prostor může být vzduch o teplotě okolo 25 °C, která je typická pro USA, nebo horká voda pro systémy ústředního topení, která má teplotu okolo 50-60 °C a je běžná v Evropě.

Elektrická energie, kterou spotřebovává tepelné čerpadlo, slouží k vytvoření tlaku. Stlačováním kapaliny nebo plynu (vzduchu) se zvyšuje jeho teplotní gradient. Mnoho lidí si myslí, že získávání tepla z chladného média je značně problematické, přestože v domácnosti každý den využívají domácí spotřebič jako je lednice s mrazákem. Lednice je ve skutečnosti tepelné čerpadlo, teplo se získává z chladícího média (vnitřní chladicí box) a přenáší ho do teplejšího (vzduch v kuchyni).

Poměr celkového tepelného výkonu tepelného čerpadla na množství vstupu elektrické energie do tepelného čerpadla se nazývá tepelný efekt nebo také koeficient výkonnosti (COP). Tato hodnota závisí na gradientu teploty, obvykle se pohybuje okolo 3-4 pro výstupní teplotu 30 °C (může být i vyšší). Kanada specifikuje minimální koeficient výkonnosti (COP) 3,0 pro všechna tepelná čerpadla s ratingem pod 35 kW.

Tepelná čerpadla v zásadě přenáší sluneční nebo geotermální energii. Ta může být považována za ekologicky udržitelnou, za předpokladu, že tok vytěžené energie nepřesahuje doplňování energie v zemi, ze solárního vstupu nebo geotermálního gradientu. Jedinou nevýhodou pro životní prostředí u tepelných čerpadel je, že vyžadují určitý elektrický přívod energie k extrahování podzemního zdroje tepla. Nicméně, takto čistě získaná tepelná energie je obrovský přínos a úspora ve spotřebě energie a v běžném vytápění převažuje nad elektrinou spotřebovanou tepelnými čerpadly. [1]

5.1 Použití tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla mohou být použita k získání akumulovaného tepla.

5.1.1 Historie tepelných čerpadel

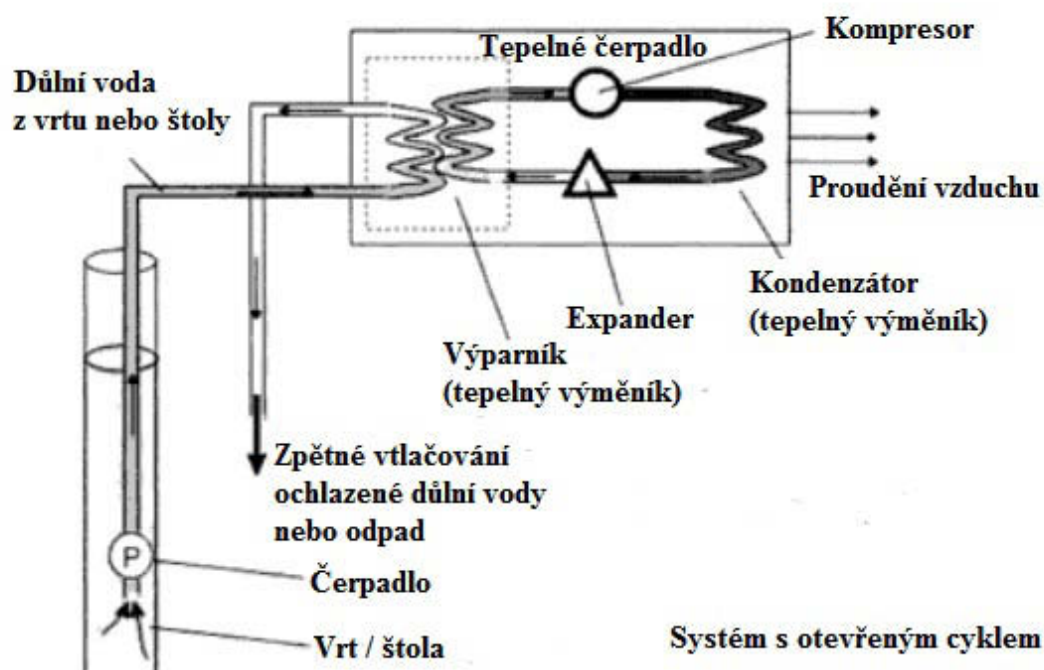
Využití podzemního zdroje tepla bylo poprvé navrženo v roce 1912 ve Švýcarsku, zatímco první aplikovaný výzkum tepelných čerpadel byl proveden v roce 1940 ve Velké Británii a USA. Tento výzkum vedl k tomu, že bylo v roce 1948 instalováno 12 prototypů tepelných čerpadel s podzemními kolektory ve Velké Británii. Přestože to bylo před ropnou krizí v roce 1970, komerční využití tepelných čerpadel se stále více rozšiřovalo. Švédsko, které mělo okolo 1000 tepelných čerpadel do konce roku 1970, otevřelo cestu pro nedávný vývoj společně s USA, Rakouskem, Švýcarskem a Německem (částečně v důsledku vládních dotací na pomoc při zavádění a předvádění technologie). Ve Švédsku v letech 1980 a 1986 bylo například instalováno asi 50 000 tepláren založených na principu tepelných čerpadel, čímž se získalo asi 500 MW tepla. [1]

5.1.2 Využití tepelných čerpadel ve světě

V současné době je více než 90% nových švédských domů stavěno s instalovanými tepelnými čerpadly a 75% z těchto tepelných čerpadel získává teplo z podzemí tzv. Ground Source Heat Pump (GSHP). Švédská tepelná čerpadla vygenerovala odhadem 7 TWh za rok na dálkovém vytápění a dalších 6 TWh za rok na vytápění bytů. V USA v roce 1994, bylo instalováno asi 28 000 nových tepelných čerpadel, které získávají teplo z podzemí, v roce 1999 se tento počet zvýšil celkem na 50 000. V Kanadě bylo instalováno v průběhu roku 1990 okolo 30 000 GSHP, z toho je 20% na komerční a institucionální účely (např. škola, úřady atd.). [1]

5.2 Systémy s otevřeným cyklem

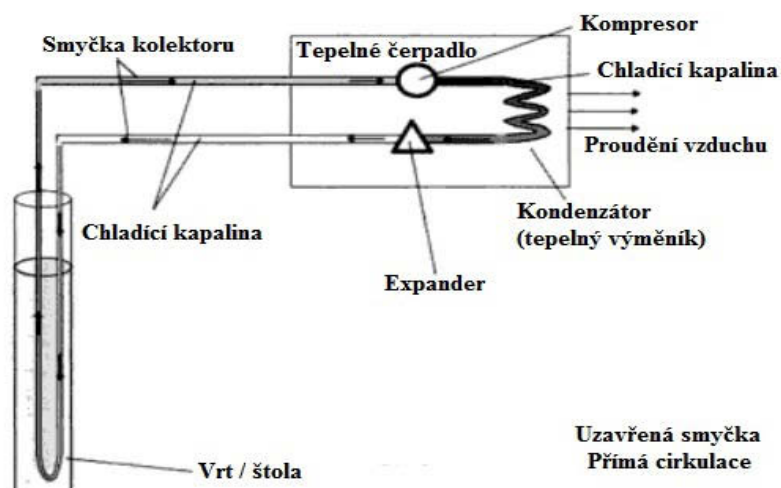
Podzemní voda je čerpána z vrtu (nebo šachty) a cirkuluje přímo přes tepelné čerpadlo, které odebírá teplo přímo z vody. Tato metoda je samozřejmě vhodná u významného vodního výnosu (přítoku), s vhodnou kvalitou vody, které je možné dosáhnout a udržovat ji, viz *Obr. 5*. [1]



Obr. 5 - Systém s otevřeným cyklem [1]

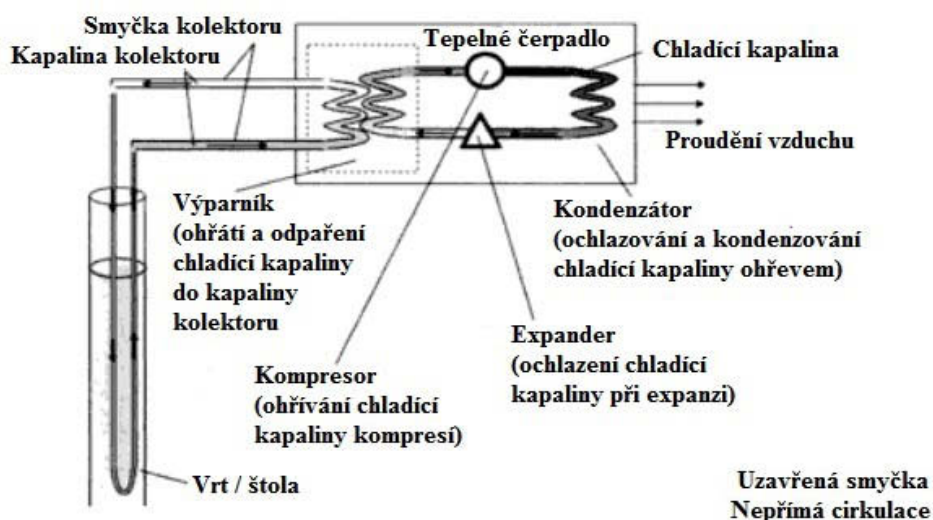
5.3 Systémy s uzavřeným cyklem

V uzavřeném systému není nutná abstrakce podzemní vody. Tyto systémy mohou být použity ve špatně propustných útvarech, jako jsou pevné horniny nebo jíly. Systém s uzavřeným cyklem může být dvojího principu. V prvním případě se jedná o systém přímý, kde se oběh chladiva tepelného čerpadla čerpá přes uzavřenou smyčku instalovanou v zemi, viz Obr. 6. [1]



Obr. 6 - Uzavřená smyčka - přímá cirkulace [1]

Mnohem častěji se používá nepřímý oběh, viz Obr. 7. V tomto systému voda, která je obvykle s přídavkem nemrznoucí kapaliny (např. etylenglykolu nebo etanolu), obíhá v uzavřeném systému, který tvoří zpravidla polyethylenová hadice (kolektorová smyčka) v zemi. Takový systém se může instalovat buď vertikálně (důlní vrt nebo šachta) nebo horizontálně (např. pod zatravněnou plochou, prostranstvím, nebo v důlní galerii). Tekutina se zahřeje na podpovrchovou teplotu a její návrat na povrch je směřován přes tepelné čerpadlo. [1]

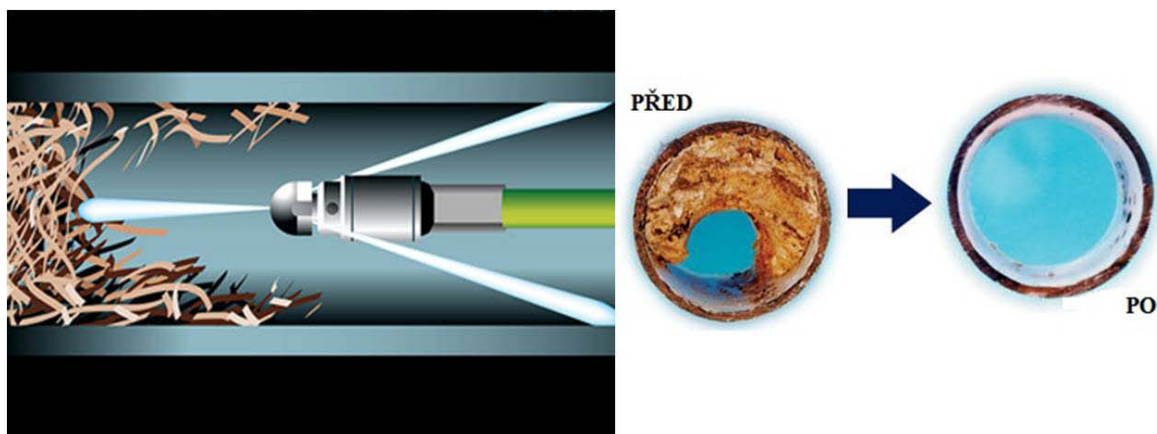


Obr. 7 - Uzavřená smyčka - nepřímá cirkulace [1]

5.4 Znečištění tepelných čerpadel

V rámci využití důlních vod pro účely vytápění a chlazení, se často vyslovují obavy, ohledně možnosti zanášení potrubí a výměníku či jiných pracovních prvků srážením sekundárních minerálů, jako jsou oxidy železa nebo jiné hydroxidy, dále pak uhličitánové minerály. Tato obava je opodstatněná, ale k dispozici je několik metod pro řešení těchto problémů:

- 1) Používat systémy s uzavřeným cyklem, které by mohly být instalovány v dolech. Zde tekutina kolektoru obíhá v uzavřené smyčce a nikdy nepříjde do styku s důlní vodou. Stejně tak se důlní voda nikdy nedostane do tepelného čerpadla nebo prvku výměníku tepla. Problému je tedy zcela zabráněno, i když existují omezení v systému uzavřené smyčky například v podobě kapacity. U systémů s větší kapacitou, mají přednost otevřené systémy. Navíc, vnější systémy s uzavřenou smyčkou se mohou zablokovat, vyžadují pravidelné odstraňování nečistot a servis.
- 2) V případě systému s otevřenou smyčkou je nevyhnutelné, aby důlní voda cirkulovala přes tepelná čerpadla a výměníky takovým způsobem, aby se minimalizoval kontakt s atmosférickým kyslíkem (O_2), který podporuje oxidaci Fe^{2+} na špatně rozpustné Fe^{3+} . V úvahu se musí brát také to, že v tlakových systémech, ve kterých jsou udržovány důlní tlaky je potřeba zabránit odplynění např. CO_2 . Takové odplynění může zvýšit pH a podporuje srážení oxidů železa či uhličitánů.
- 3) Na odstraňování vodního kamene v potrubí a na povrchu výměníku je k dispozici řada mechanických technik. Uvnitř potrubí po celém obvodu dochází k usazování nečistot. Odstraňování takových usazenin se provádí pomocí vysokotlakého tryskání (tzv. jetting) viz *Obr. 8*, které dostatečně odstraní volné chemické usazeniny. Použitím kyselin při tryskání dochází k rozpouštění hydroxidových usazenin. Stírání zahrnuje vložení válcového nástroje (tzv. pig) do potrubí viz *Obr. 9*. Můžeme použít různé tyto nástroje pro kontrolu, čištění nebo k otěru vnitřního povrchu trubky. Usazeniny můžeme odstranit disperzními činidly na bázi fosforečnanu nebo přidáním redukčního činidla (např. dithionát sodný), které přidáme do potrubí důlních vod. [1]



Obr. 8 – Vysokotlaké tryskání (tzv. jetting) [2]



Obr. 9 – Válcový nástroj (tzv. pig) [11]

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo nastínit možnosti využití důlních vod čerpaných na povrch a vypouštěných do povrchového toku v rámci vodní jámy Jeremenko.

V úvodní části jsem se zaměřila na charakteristiku Vodní jámy Jeremenko. Patří sem historický vývoj, funkce vodní jámy a její technické vybavení. Společně s popisem hlavních objektů a zařízení, která se podílí na provozu VJJ jsou také popsány výkony čerpacího systému.

V další kapitole jsou popsány množství a kvalita čerpaných vod se změnami parametrů v čase a způsob měření vodní hladiny ve VJJ. Jsou zde vysvětleny přírodní zdroje důlních vod, především vod v Ostravské dílčí pánvi s podrobným popisem jejich kvalitativních parametrů, kam patří především síranový iont, chloridový iont a ionty a komplexy železa. Neméně podstatným ukazatelem pro využití důlních vod je také jejich teplotní gradient. Podzemní voda má totiž obrovskou schopnost akumulovat teplo, které může být následně extrahováno a využito. Tento fakt není jediným, avšak hlavním důvodem, proč je tato práce následně věnována především tepelným čerpadlům.

Následující kapitola je věnována analýze možností čerpaných důlních vod. Dva hlavní směry využití jsou pro léčebné účely (lázeňství) a již výše zmiňované využití pro tepelná čerpadla. Tato čerpadla lze využít nejen k vytápění prostor, ale také k ohřevu užitkové vody a dokonce i ke chlazení. Nechybí samozřejmě historický vývoj, využití tepelných čerpadel ve světě, druhy čerpadel (otevřený cyklus, uzavřený cyklus s přímou a nepřímou cirkulací) a termický potenciál.

Použití tepelných čerpadel k získání tepelné energie akumulované v důlních vodách je jedním z efektivních způsobů využití důlních vod čerpaných z Vodní jámy Jeremenko. Jak již bylo napsáno výše, jedinou nevýhodou pro životní prostředí u tepelných čerpadel je, že vyžadují určitý elektrický přívod energie k extrahování podzemního zdroje tepla. Nicméně, takto čistě získaná tepelná energie pomáhá nejen snížit produkci CO₂, a to velice významně oproti získávání tepelné energie z fosilních paliv, ale také snížit spotřebu neobnovitelných zdrojů.

Seznam literatury

- [1] BANKS ET AL., David. *Heat pumps as a tool for energy recovery from mining wastes*. 2004 Dostupné z: <http://books.google.cz/books?id=pBihPG0Uvg8C&pg=PA503&lpg=PA503&dq=Heat+Pumps+on+Ground-Water+mining&source=bl&ots=G1kqSPYHne&sig=9SmJOgBAWu7-qfo701kHDSyb6lQ&hl=cs&sa=X&ei=ad0gU7b9NYnDhAfa0oGoDQ&ved=0CFoQ6AEwAw#v=onepage&q=Heat%20Pumps%20on%20Ground-Water%20mining&f=false>
- [2] *Fletch-Barney* [online]. 2014 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.fletchbarneyplumbing.com/pipeline-video-inspection.htm>
- [3] GRMELA, Arnošt, Naďa RAPANTOVÁ, Josef HAVELKA, Petr JELÍNEK a Radomír TABÁŠEK. *Některé poznatky ze studie hydrogeologických propojení mezi ostravskou a oderskou částí zatápěné ostravské dílčí pánve*. Příbram, 2003.
- [4] GRMELA, Arnošt, Petr JELÍNEK a Naďa RAPANTOVÁ. VÝSLEDKY DOSAVADNÍHO MONITORINGU A REŽIM HYDROGEOLOGICKÝCH POMĚRŮ V ZATÁPĚNÉ OSTRAVSKÉ DÍLČÍ PÁNVI.
- [5] GRMELA, Arnošt. Vývoj chemismu čerpaných důlních vod z oblasti ostravské dílčí pánve za období 1994 až 2011. *Vývoj chemismu čerpaných důlních vod z oblasti ostravské dílčí pánve za období 1994 až 2011*. 2011
- [6] Janáček J. a kol. : OKD, a.s. Důl Odra, o.z. – závod Heřmanice. Závěrečný výpočet zásob černého uhlí se stavem k 1.7.1993–DP Heřmanice. Textová část I, . DPB, a.s. Paskov, odbor výpočtů zásob. Paskov. 1993.
- [7] *Jeremenko: komplex vodní jámy Jeremenko* [online]. DIAMO státní podnik. Stráž pod Ralskem [cit. 2014-02-04]. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/>
- [8] kolektiv autorů: OKD,a.s. Důl Odra,o.z. – závod Důl Šverma v likvidaci. Závěrečný výpočet zásob černého uhlí se stavem k 1.1.1992 – DP Mariánské Hory a DP Svinov. Textová zpráva. Fa HALFAR – projekční činnost-Ostrava. 1994

- [9] *Labus K., Grmela A.: Iodine-bromide waters in the Upper Silesian Coal Basin - properties and perspectives for utilization. 7th IWA International Conference: „Diffuse pollution and basin Management“. The International Water Association (IWA) and University College Dublin, Ireland. Proceedings ISBN 1902277767, pp.93-97. Dublin 18.-22.8.2003*
- [10] *Lázně Darkov* [online]. 2011, 2014 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.laznedarkov.info/>
- [11] *Pigging Products & Services Association* [online]. 2014 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://ppsa-online.com/about-pigs.php>
- [12] *Provozní a manipulační řád pro Vodní jámu Jeremenko: Manipulační řád. DIAMO, státní podnik odštěpný závod ODRA: Ostrava-Vítkovice, 1.1.2009.*
- [13] *Sanatoria Klimkovice* [online]. 2013 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.sanatoria-klimkovice.cz/>

Seznam obrázků

<i>Obr. 1 - Situace dílčích pánví v OKR [5]</i>	<i>3</i>
<i>Obr. 2 - Výtok čerpaných důlních vod [7]</i>	<i>4</i>
<i>Obr. 3 - Část systému čerpání důlních vod, areál Jeremenko [7]</i>	<i>7</i>
<i>Obr. 4 - Základní schematické vertikální členění důlní činnosti v ostravské dílčí pánvi [3]</i>	<i>8</i>
<i>Obr. 5 - Systém s otevřeným cyklem [1]</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 6 - Uzavřená smyčka - přímá cirkulace [1]</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 7 - Uzavřená smyčka - nepřímá cirkulace [1]</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 8 – Vysokotlaké tryskání (tzv. jetting) [2]</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 9 – Válcový nástroj (tzv. pig) [11]</i>	<i>25</i>

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 - Objemy důlních prostor v ostravském bazénu a průměrné hodnoty denních změn hladin důlních vod při zatápění ODP [4]</i>	<i>9</i>
<i>Tabulka 2 - Výsledky přítokových zkoušek na Vodní jámě Jeremenko[4]</i>	<i>9</i>
<i>Tabulka 3 – Kvalitativní parametry důlních vod v ostravské dílčí pánvi [4]</i>	<i>12</i>
<i>Tabulka 4 - Limitní hodnoty průměrných ročních koncentrací v Ostravici pod výpustí VJJ [5]</i>	<i>16</i>

Seznam příloh

<i>Příloha č.1 - Informativní schéma čerpání důlních vod z VJJ do řeky Ostravice</i>
<i>Příloha č.2 - Situace čerpacího systému v úrovni 5. patra jámy Je-1</i>
<i>Příloha č.3 - Vývoj koncentrace síranových iontů $[SO_4]^{2-}$ v důlních vodách VJJ</i>
<i>Příloha č.4 - Vývoj koncentrace chloridových iontů Cl^- v důlních vodách VJJ</i>